

## Verfahren zum Kalibrieren eines Ultraschall-Durchflußmeßgeräts

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Kalibrieren eines Ultraschall-Durchflußmeßgeräts. Das Ultraschall-Durchflußmeßgerät weist zumindest ein  
5 Meßrohr, zumindest zwei Ultraschallsensoren und eine Regel-/Auswerteeinheit auf, wobei die Ultraschallsensoren Ultraschall-Meßsignale aussenden und/oder empfangen, und wobei der Durchfluß eines Mediums in dem Meßrohr anhand der Laufzeitdifferenz der Ultraschall-Meßsignalen ermittelt wird, die das Meßrohr in Strömungsrichtung und entgegen der Strömungs-  
10 richtung queren.

Aufgrund von Toleranzen bei der Fertigung müssen Durchflußmeßgeräte, insbesondere Ultraschall-Durchflußmeßgeräte vor der Inbetriebnahme kalibriert werden. Bekannte Kalibrierverfahren für Ultraschall-Durchfluß-  
15 meßgeräte basieren auf einer sog. Naßkalibration, d.h. zwecks Bestimmung des Kalibrierfaktors des jeweiligen Durchflußmeßgeräts durchströmt eine hochgenau definierte Menge eines Mediums das zu kalibrierende Meßgerät. Je nach Durchmesser des Meßrohres des Durchflußmeßgeräts müssen zur Naßkalibration relativ große Mengen an Medium bereitgestellt werden. So  
20 besitzt die Anmelderin eine Kalibrieranlage in Cernay in Frankreich, bei der das Medium, das für die Kalibrierung benötigt wird, in einem 20 m hohen Wasserturm gespeichert ist. Über einen Revolver werden die zu kalibrierenden Meßrohre in Position gebracht und von dem Medium durchströmt. Kalibriert werden können mit dieser Anlage Meßrohre bis zu  
25 einem Durchmesser von 2000 mm.

Abgesehen von den hohen Kosten für den Aufbau einer derartigen Kalibrieranlage stellt sich ein weiteres Problem, wenn die Fertigung der Durchflußmeßgeräte an weit verstreuten Produktionsstätten erfolgt. Um lange  
30 Transportwege und damit lange Lieferzeiten zu vermeiden, muß eine Kalibrieranlage in der Nähe der jeweiligen Fertigungsstätte installiert sein.

Große Probleme bereitet auch die Nachkalibrierung von bereits beim Kunden installierten Durchflußmeßgeräten: Diese müssen ausgebaut, in der Kalibrieranlage nachkalibriert und wieder eingebaut werden.

- 5     Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur theoretischen bzw. zur Trockenkalibrierung von Durchflußmeßgeräten vorzuschlagen.

Die Aufgabe wird durch ein Verfahren gelöst, das die folgenden Verfahrensschritte umfaßt:

- 10     - anhand der vorgegebenen geometrischen Fertigungsdaten des Durchflußmeßgeräts wird Information über den theoretischen Durchfluß des Mediums durch das Meßrohr gewonnen;
- die tatsächlichen geometrischen Meßdaten des Durchflußmeßgeräts werden dreidimensional ermittelt;
- 15     - anhand der tatsächlichen geometrischen Meßdaten wird Information über den tatsächlichen Durchfluß des Mediums durch das Durchflußmeßgerät gewonnen;
- anhand der Information hinsichtlich des theoretischen Durchflusses und des tatsächlichen Durchflusses des Mediums durch das Durchflußmeß-
- 20     gerät wird ein Korrekturfaktor bzw. ein Kalibrierfaktor  $M$  für das Durchflußmeßgerät ermittelt.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die tatsächlichen geometrischen Meßdaten durch eine dreidimen-

25     sionale Abtastung des Durchflußmeßgeräts ermittelt werden. Beispielsweise erfolgt die Abtastung des Durchflußmeßgeräts mittels elektromagnetischer Wellen oder mittels eines mechanischen Abtastkopfes. Entsprechende Abtastgeräte werden von der Firma Faro Technologies, Inc. Angeboten und vertrieben.

30

Eine bevorzugte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens schlägt vor, daß das Durchflußmeßgerät bzw. das Meßrohr durch ein mathematisches

Modell nachgebildet wird. Insbesondere wird durch das Modell der 'mittlere' Innenquerschnitt des Meßrohres mit hoher Präzision ermittelt.

5 Um eine hohe Genauigkeit zu erzielen, werden in dem mathematischen Modell zusätzlich die nachfolgend genannten Größen ggf. in unterschiedlichen Kombinationen berücksichtigt:

- a) der Einstrahl- bzw. der Ausstrahlwinkel  $W1$ ;  $W2$  zwischen Ultraschallsensor und dem Medium;
- 10 b) der Abstand  $S1$ ;  $S2$  zwischen zwei Schallaustritts- bzw. zwei Schalleintritts-Flächen der Ultraschallsensoren, die wechselweise senden und empfangen;
- c) der radiale Abstand  $H$ ;  $F$  des Schallpfades der Ultraschall-Meßsignals von zwei Ultraschallsensoren zur Mittelachse des Meßrohres;
- 15 d) die Position der Sende- und Empfangsflächen der Ultraschallsensoren zum strömenden Medium oder zur Innenwand des Meßrohres;
- e) die Querschnittsfläche  $A$  des zwischen den zwei Ultraschallsensoren liegenden und vom Medium durchströmten Abschnitts des Meßrohres.

20 Eine bevorzugte Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, daß die tatsächliche, mittlere Querschnittsfläche des Meßrohres dadurch ermittelt wird, daß die dreidimensionalen Koordinaten von mehreren in zumindest zwei parallelen und quer zur Strömungsrichtung des Mediums liegenden Querschnittsebenen des Meßrohres liegenden Abtastpunkten  
25 ausgemessen werden. Weiterhin ist vorgesehen, daß die dreidimensionalen Koordinaten der Schallaustritts- bzw. Schalleintritts-Flächen der Ultraschallsensoren ermittelt werden.

Darüber hinaus schlägt eine vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens vor, daß zwecks Bestimmung der dreidimensionalen Koordinaten der Mittelpunkte der entsprechenden Schallaustritts- bzw. Schalleintritts-Fläche anstelle eines Ultraschallsensors ein Einrichtsensor  
30

verwendet wird. Anstelle des Ultraschallwandlers, bei dem es sich z.B. um ein piezoelektrisches Element handelt, hat der Einrichtsensor eine besonders ausgestaltete Einheit, die den Ultraschallwandler quasi simuliert. Erfolgt die dreidimensionale Abtastung auf mechanischem Wege, so weist der Einricht-  
5 sensor ein kegelförmiges Element mit einer definierten Form auf. Insbesondere ist dieses kegelförmige Element so ausgebildet, daß der Mittelpunkt einer Kugel, die dem Abtastkopf des dreidimensionalen Abtastgeräts entspricht, beim Berühren des Kegels im Mittelpunkt der Schallaustritts- bzw. der Schalleintritts-Fläche des entsprechenden Ultraschallsensors liegt.

10 Erfolgt die dreidimensionale Abtastung auf elektromagnetischem, insbesondere optischem Weg, so weist der Einrichtsensor einen entsprechend ausgestalteten Reflektor, z.B. ein Katzenauge oder eine Würfecke mit drei senkrechten Flächen auf. Als tatsächlicher Meßwert, der die exakte Position  
15 des Ultraschallsensors repräsentiert, werden die Koordinaten der Position gespeichert, an der die von dem Reflektor reflektierte Strahlung maximal ist.

Anhand des Schallaustritts- und Schalleintrittswinkels sowie anhand des durch die dreidimensionale Abtastung ermittelten tatsächlichen, mittleren  
20 Innen-durchmessers des Meßrohres läßt sich der Schallpfad und damit die Laufzeit der Ultraschall-Meßsignale zwischen zwei Ultraschallsensoren sehr genau ermitteln. Um den Meßfehler, der durch die Anwendung des Modells entsteht noch zu reduzieren, empfiehlt es sich, weitere Störgrößen zu berücksichtigen.

25 Bei Ultraschall-Durchflußmeßgeräten wird der Durchfluß des Mediums durch ein Meßrohr mittels einer Time-of-Flight-Messung durchgeführt. Hierzu werden zwischen den beiden Ultraschallsensoren die Laufzeiten  $t_{up}(0)$  und  $t_{down}(0)$  in Strömungsrichtung und entgegen der Strömungsrichtung gemessen.  
30

Diese Zeiten sind jedoch noch mit zusätzlichen Verzögerungszeiten  $t_v$  behaftet, welche durch die Ultraschallsensoren, die Kabel und die Elektronik

verursacht werden. Von den anhand der dreidimensionalen Abtastung ermittelten Laufzeiten müssen diese Verzögerungszeiten subtrahiert werden. Damit erhält man für die Laufzeit im Medium folgende Werte:

$$t_{down}(1) = t_{down}(0) - t_v$$

$$t_{up}(1) = t_{up}(0) - t_v$$

5

Durch die dreidimensionale Abtastung der Schallaustritts- und Schalleintrittsflächen und unter Kenntnis der Verzögerungszeit läßt sich die Laufzeit, die die Ultraschall-Meßsignale auf dem Schallpfad S zwischen zwei Ultraschallsensoren benötigen, sehr genau bestimmen. Anhand eines Vergleichs der theoretischen Laufzeit und der tatsächlich gemessenen Laufzeit, läßt sich nachfolgend die Schallgeschwindigkeit  $c_{Medium}$  des Mediums gemäß der nachfolgend genannten Formel ermitteln. In dieser Formel repräsentiert  $F(v)$  einen geschwindigkeitsabhängigen Term, der vom Verhältnis der Mediumsgeschwindigkeit zur Schallgeschwindigkeit abhängt

15

$$c_{Medium} = \frac{S}{2} \left( \frac{1}{t_{up}(1)} + \frac{1}{t_{down}(1)} \right) * F(v)$$

$F(v)$  ist für  $v = 0$  gleich 1 bzw. für  $v \ll c_{Medium}$  ist  $F(v)$  näherungsweise gleich 1.

20

Weiterhin wird in dem Modell der Abstand  $R/2$  zwischen der Schallaustritts- bzw. Schalleintrittsfläche eines Ultraschallsensors und der Innenfläche des Meßrohres berücksichtigt. Es wird angenommen, daß in diesen beiden Bereichen eines jeden Schallpfades die Strömungsgeschwindigkeit des Mediums zumindest näherungsweise gleich Null ist. Die korrigierten Zeiten  $t_{up}$  und  $t_{down}$  ergeben sich anhand der nachfolgend genannten Formel:

25

$$t_{up} = t_{up}(1) - \frac{R}{c_{Medium}}$$

Das Strömungsprofil, das die radiale Abhängigkeit der Strömungsgeschwindigkeit eines Mediums in einem Meßrohr wiedergibt, sieht sehr unterschiedlich aus, je nachdem ob es sich um eine laminare oder um eine turbulente Strömung handelt. Ist der radiale Abstand eines Paares von Ultraschallsensoren durch die dreidimensionale Abtastung genau bekannt, so läßt sich mit Kenntnis der Reynoldszahl ein Profil-Korrekturfaktor K errechnen, mit dem die gemessene Geschwindigkeit v im Verhältnis zur mittleren Geschwindigkeit  $v_M$  des Medium steht.

$$v = v_M * K$$

Der theoretische Durchfluß errechnet sich wie folgt - beispielsweise für den Schallweg 1 – wobei L1 die Länge des Schallpfades, K1 den Profilkorrekturfaktor des Schallpfades 1, W1 den Winkel zur Rohrachse,  $t1_{up}$  und  $t1_{down}$  die Laufzeiten des Ultraschall-Meßsignale für den Schallpfad 1 und A die Querschnittsfläche des Meßrohres repräsentiert:

$$Q_1 = \frac{L1}{2 * \cos(W1)} * A * K1 * \left( \frac{1}{t1_{down}} - \frac{1}{t1_{up}} \right)$$

Die Messung wird noch genauer, wenn mehrere Schallpfade in unterschiedlichen Abständen von der Mittelachse des Meßrohres vorhanden sind. Je nach Abstand der Ultraschallsensoren zur Mittelachse des Meßrohres werden die Laufzeiten mit  $w_i$  entsprechend der nachfolgend genannten Formel gewichtet:

$$Q_{errechnet} = \sum_n w_i * Q_i$$

Über das Verhältnis der einzelnen Geschwindigkeiten bei verschiedenen Abständen der Schallwege von der Rohrmitte läßt sich das Geschwindigkeitsprofil des Mediums ermitteln. Mithilfe dieser Meßwerte kann der Durchfluß

nochmals in dem kritischen Geschwindigkeitsbereich zwischen reiner laminarer Strömung und turbulenter Strömung besser erfaßt auch korrigiert werden. In dem mathematischen Modell werden die durch die dreidimensionale Abtastung gewonnenen Meßwerte verwendet. Diese weichen  
5 üblicherweise von den vorgegebenen Fertigungs-Meßdaten ab. Der ermittelte Korrekturfaktor M beschreibt dann das Maß für die Abweichung bzw. den individuellen Kalibrierfaktor des Ultraschall-Durchflußmeßgeräts. Dieser Kalibrierfaktor wird in dem Ultraschall-Durchflußmeßgerät gespeichert und geht nachfolgend in die Bestimmung des Durchflusses ein.

10 Die Erfindung wird anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert. Es zeigt:

15 Fig. 1: eine perspektivische Ansicht eines Ultraschall-Durchflußmeßgeräts;

Fig. 2: einen Querschnitt durch das in Fig. 1 gezeigte Ultraschall-Durchfluß-meßgerät;

20 Fig. 3: einen Längsschnitt gemäß der Kennzeichnung A-A in Fig. 2;

Fig. 4: einen Schnitt gemäß der Kennzeichnung B-B in Fig. 3; und

25 Fig. 5: eine Seitenansicht des erfindungsgemäßen Einrichtensors.

Fig. 1 zeigt eine perspektivische Ansicht eines Ultraschall-Durchflußmeßgeräts 1 mit zwei Schallpfaden bzw. zwei Meßkanälen. Die beiden Paare von Ultraschallsensoren 3, 4; 5, 6 sind vorzugsweise auf Positionen von ca.  
30 50% des Radius des Meßrohres 2 angeordnet. Bei einer Zweistrahlanordnung von Ultraschallsensoren 3, 4; 5, 6 ist diese Positionierung von Vorteil, da hier

eine relativ große Unabhängigkeit der Strömungsgeschwindigkeit von der Reynoldszahl bzw. von der Viskosität des Mediums vorliegt.

5 In Fig. 2 ist ein Querschnitt durch das in Fig. 1 gezeigte Ultraschall-Durchfluß-  
meßgerät 1. Fig. 3 zeigt einen Längsschnitt gemäß der Kennzeichnung A-A in  
Fig. 2. Wie bereits an vorhergehender Stelle beschrieben, wird der mittlere  
Innenzylinder des Meßrohres 2 dadurch ermittelt, daß die dreidimensionalen  
Koordinaten von Meßpunkte in zwei Ebenen 9, 10 durch das Abtastgerät  
ermittelt werden. Die mit einem Kreis versehenen Zahlen 1 bis 8 kenn-  
10 zeichnen die dreidimensional abgetasteten Meßpunkte, die zur Ermittlung des  
Innendurchmessers  $D_i$  in den beiden Ebenen: Ebene up 9 und Ebene down  
10 herangezogen werden. Es versteht sich von selbst, daß die Bestimmung  
des Innendurchmessers  $D_i$  in den beiden Ebenen 9, 10 um so genauer wird,  
je mehr Meßpunkte aufgenommen werden. Im gezeigten Fall sind die Ebenen  
15 9, 10 durch die Durchstoßpunkte der Ultraschallsensoren 3, 4; 5, 6 definiert.

Die mit Kreis versehenen Zahlen 10, 11, 20, 21 dienen zur Ermittlung des  
Schallpfades bzw. der Spur 1 bzw. der Spur 2. Insbesondere wird anhand  
dieser Werte der radiale Abstand  $H$  bzw.  $F$  des Schallpfades der Ultraschall-  
20 Meßsignals von zwei Ultraschallsensoren 3, 4; 5, 6 zur Mittelachse 17 des  
Meßrohres 2 ermittelt. Ist der Abstand  $H$  bzw.  $F$  bekannt, so läßt sich auch der  
Einstrahl- bzw. Abstrahlwinkel  $W_1$ ,  $W_2$  der Ultraschallsensoren 3, 4; 5, 6  
berechnen.

25 Durch die dreidimensionale Abtastung ist es darüber hinaus möglich, auch die  
Dichtleiste der Flansche 7, 8 hochgenau zu vermessen. Zur Bestimmung der  
Dichtleiste der Flansche 7, 8 dienen die in Fig. 3 eingezeichneten Meßpunkte,  
die durch die Zahlen 30 ... 33 und 40 ... 43 im Kreis gekennzeichnet sind.

30 Fig. 4 zeigt einen Schnitt gemäß der Kennzeichnung B-B in Fig. 3. Inbe-  
sondere ist in Fig. 4 die Montage eines Einrichtungssensors 13, 15 in dem  
entsprechenden Sensorstutzen 11, 12 dargestellt. Fig. 5 zeigt eine Seiten-

ansicht des erfindungsgemäßen Einrichtsensors 13, 15. Teilweise ist der in Fig. 5 gezeigte Einrichtsensor 13; 15 im Schnitt dargestellt. Der erfindungsgemäße Einrichtsensor 13, 15 ist analog zu einem in dem Durchflußmeßgerät 1 verwendbaren Ultraschallsensor 3, 4, 5, 6 dimensioniert und kann daher  
5 problemlos in dem Sensorstutzen 11, 12 montiert werden. Bei dem Einrichtsensor 13, 15, der für die Positionsbestimmung mittels eines mechanisch arbeitenden Abtastgeräts ausgelegt ist, ist anstelle des üblicherweise piezoelektrischen Ultraschallwandlers ein kegelförmiges Element 14 vorgesehen. Das kegelförmige Element 14 ist so dimensioniert, daß der Mittelpunkt einer  
10 Kugel 16 mit definiertem Durchmesser, die als Platzhalter für den Abtastkopf des mechanischen Abtastgeräts dient, beim Berühren des kegelförmigen Elements 14 im Mittelpunkt der Schallaustritts- bzw. der Schalleintritts-Fläche des entsprechenden Ultraschallsensors 3; 4, 5, 6 liegt. Hierdurch läßt sich die Position des Ultraschallsensors 3, 4, 5, 6 mit hoher Genauigkeit bestimmen.  
15

Mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens und insbesondere unter Verwendung des erfindungsgemäßen Einrichtsensors 13; 15 läßt sich eine Trockenkalibrierung des Durchflußmeßgeräts 1 schnell und einfach durchführen. Insbesondere wird es möglich, die Kalibrierung oder  
20 Nachkalibrierung vor Ort beim Kunden vorzunehmen.

**Bezugszeichenliste**

	1	Ultraschall-Durchflußmeßgerät
	2	Meßrohr
5	3	Ultraschallsensor
	4	Ultraschallsensor
	5	Ultraschallsensor
	6	Ultraschallsensor
	7	Flansch
10	8	Flansch
	9	Ebene up
	10	Ebene down
	11	Sensorstutzen
	12	Sensorstutzen
15	13	Einrichtsensor
	14	Kegel
	15	Einrichtsensor
	16	Kugel
	17	Mittelachse
20		

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Kalibrieren eines Ultraschall-Durchflußmeßgeräts (1),  
welches ein Meßrohr (2), zumindest zwei Ultraschallsensoren (3, 4; 5, 6) und  
5 eine Regel-/Auswerteeinheit (17) aufweist, wobei die Ultraschallsensoren (3,4;  
5, 6) Ultraschall-Meßsignale aussenden und/oder empfangen, wobei der  
Durchfluß eines Mediums in dem Meßrohr (2) anhand der Laufzeiten der  
Ultraschall-Meßsignalen ermittelt wird, die das Meßrohr (2) in Strömungs-  
richtung (S) und entgegen der Strömungsrichtung (S) queren,  
10 wobei anhand der vorgegebenen geometrischen Fertigungsdaten des  
Durchflußmeßgeräts (1) Information über den theoretischen Durchfluß des  
Mediums durch das Meßrohr (2) gewonnen wird,  
wobei die tatsächlichen geometrischen Meßdaten des Durchflußmeßgeräts (1)  
dreidimensional ermittelt werden,  
15 wobei anhand der tatsächlichen geometrischen Meßdaten Information über  
den tatsächlichen Durchfluß des Mediums durch das Durchflußmeßgerät (1)  
gewonnen wird, und  
wobei anhand der Information hinsichtlich des theoretischen Durchflusses und  
des tatsächlichen Durchflusses des Mediums durch das Durchflußmeßgerät  
20 (1) ein Korrekturfaktor bzw. ein Kalibrierfaktor für das Durchflußmeßgerät (1)  
ermittelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,  
wobei die tatsächlichen geometrischen Meßdaten durch eine  
25 dreidimensionale Abtastung des Durchflußmeßgeräts (1) ermittelt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2,  
wobei die Abtastung des Durchflußmeßgeräts (1) mittels elektromagnetischer  
Wellen oder mittels eines mechanischen Abtastkopfes (16) durchgeführt wird.

30 4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3,

daß das Durchflußmeßgerät (1) bzw. das Meßrohr (2) durch ein mathematisches Modell nachgebildet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4,

5 wobei in dem mathematischen Modell die nachfolgend genannten Größen berücksichtigt werden:

- der Einstrahl- bzw. der Ausstrahlwinkel ( $W_1$ ;  $W_2$ ) zwischen Ultraschallsensor (3, 4; 5, 6) und dem Medium;
- der Abstand  $S_1$ ;  $S_2$  zwischen zwei Schallaustritts- bzw. zwei Schalleintritts-Flächen der Ultraschallsensoren (3, 4; 5, 6), die wechselweise  
10 senden und empfangen;
- der radiale Abstand  $H$  des Laufweges des Schallpfades der Ultraschall-Meßsignals von zwei Ultraschallwandern (3, 4; 5, 6) zur Mittelachse des Meßrohres (2);
- 15 - die Position der Sende- und Empfangsflächen der Ultraschallsensoren (3, 4; 5, 6) zum strömenden Medium oder zur Innenwand des Meßrohres (2);
- die Querschnittsfläche  $A$  des zwischen den zwei Ultraschallwandlern (3, 4; 5, 6) liegenden und vom Medium durchströmten Abschnitts des Meßrohres (2).

20

6. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3,

wobei die tatsächliche innere Querschnittsfläche des Meßrohres (2) dadurch ermittelt wird, daß die dreidimensionalen Koordinaten von mehreren in  
25 zumindest zwei parallelen und quer zur Strömungsrichtung ( $S$ ) des Mediums liegenden Querschnittsebenen (9, 10) des Meßrohres liegenden Abtastpunkten ausgemessen werden.

7. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3 oder 5,

wobei die dreidimensionalen Koordinaten der Schallaustritts- bzw.  
30 Schalleintritts-Flächen der Ultraschallsensoren (3, 4; 5, 6) ermittelt werden.

8. Verfahren nach Anspruch 7,

wobei zwecks Bestimmung der dreidimensionalen Koordinaten der  
Mittelpunkte der entsprechenden Schallaustritts- bzw. Schalleintritts-Fläche  
von einem Ultraschallsensor (3, 4; 5, 6) ein Einrichtsensor (13, 15) verwendet  
wird, bei dem anstelle eines Ultraschallwandlers ein Kegel (14) mit definierter  
5 Form verwendet wird, der so ausgebildet ist, daß der Mittelpunkt einer Kugel  
(16) mit definiertem Durchmesser beim Berühren des Kegels (14) im  
Mittelpunkt der Schallaustritts- bzw. der Schalleintritts-Fläche des  
entsprechenden Ultraschallsensors (3, 4; 5, 6) liegt.

10 9. Einrichtsensor (13, 15) zur Durchführung des Verfahrens nach einem oder  
mehreren der Ansprüche 1 bis 8,  
wobei anstelle des Ultraschallwandlers ein kegelförmiges Element (14)  
verwendet wird, das so dimensioniert ist, daß der Mittelpunkt einer Kugel (16),  
deren Durchmesser dem Durchmesser eines Abtastkopfs eines  
15 mechanischen Abtastgeräts entspricht, im Kontakt mit dem kegelförmigen  
Element (14) im Mittelpunkt der Schallaustritts- bzw. der Schalleintritts-Fläche  
des Ultraschallsensors (3, 4; 5, 6) liegt.

20 10. Einrichtsensor (13, 15) zur Durchführung des Verfahrens nach einem oder  
mehreren der Ansprüche 1 bis 8,  
wobei anstelle des Ultraschallwandlers ein Retroreflektorelement vorgesehen  
ist, daß so ausgestaltet ist, daß auftreffende elektromagnetische Strahlung  
des entsprechend ausgestalteten Abtastgeräts in das Abtastgerät  
zurückreflektiert wird.

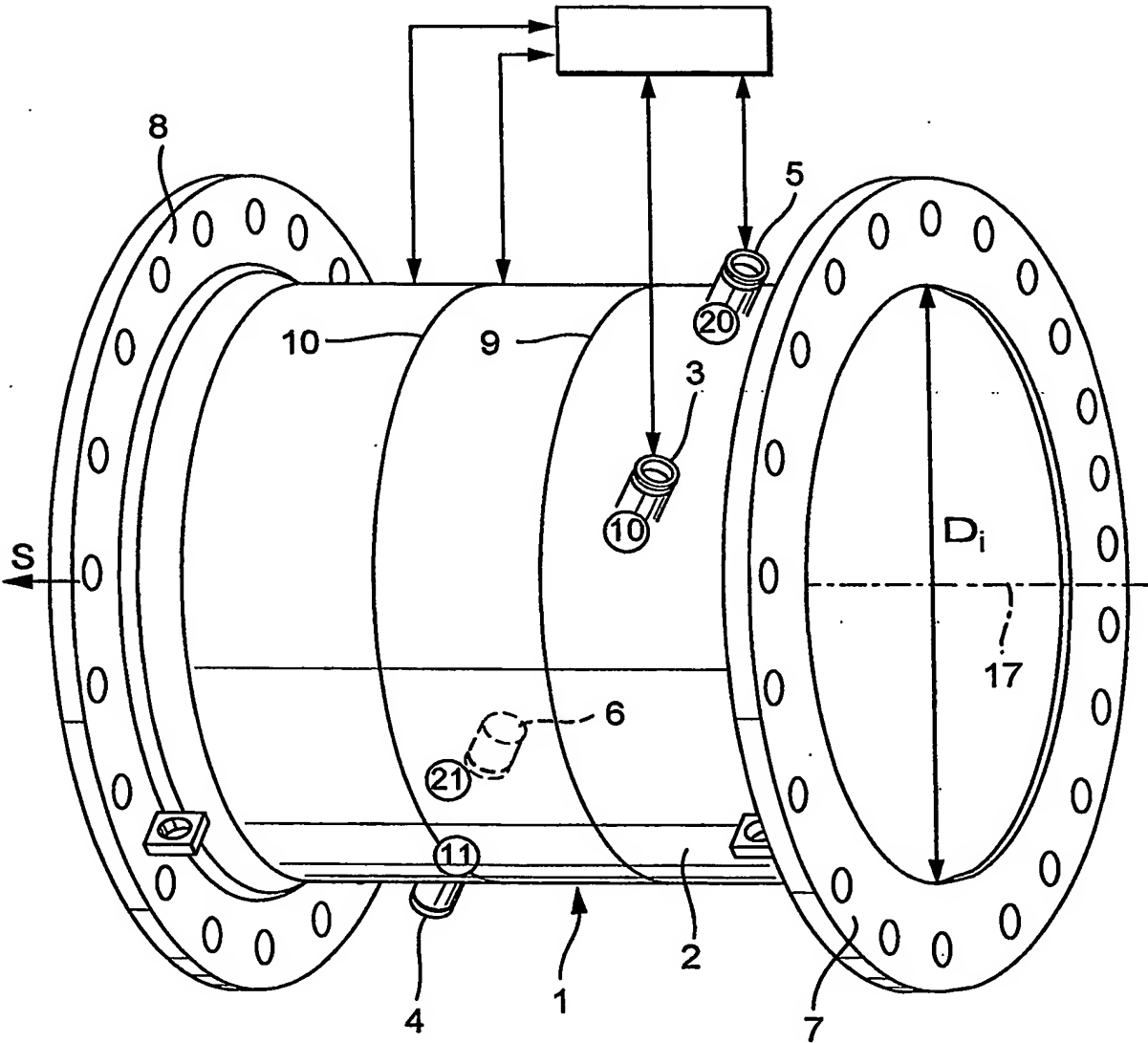


Fig. 1

2/4

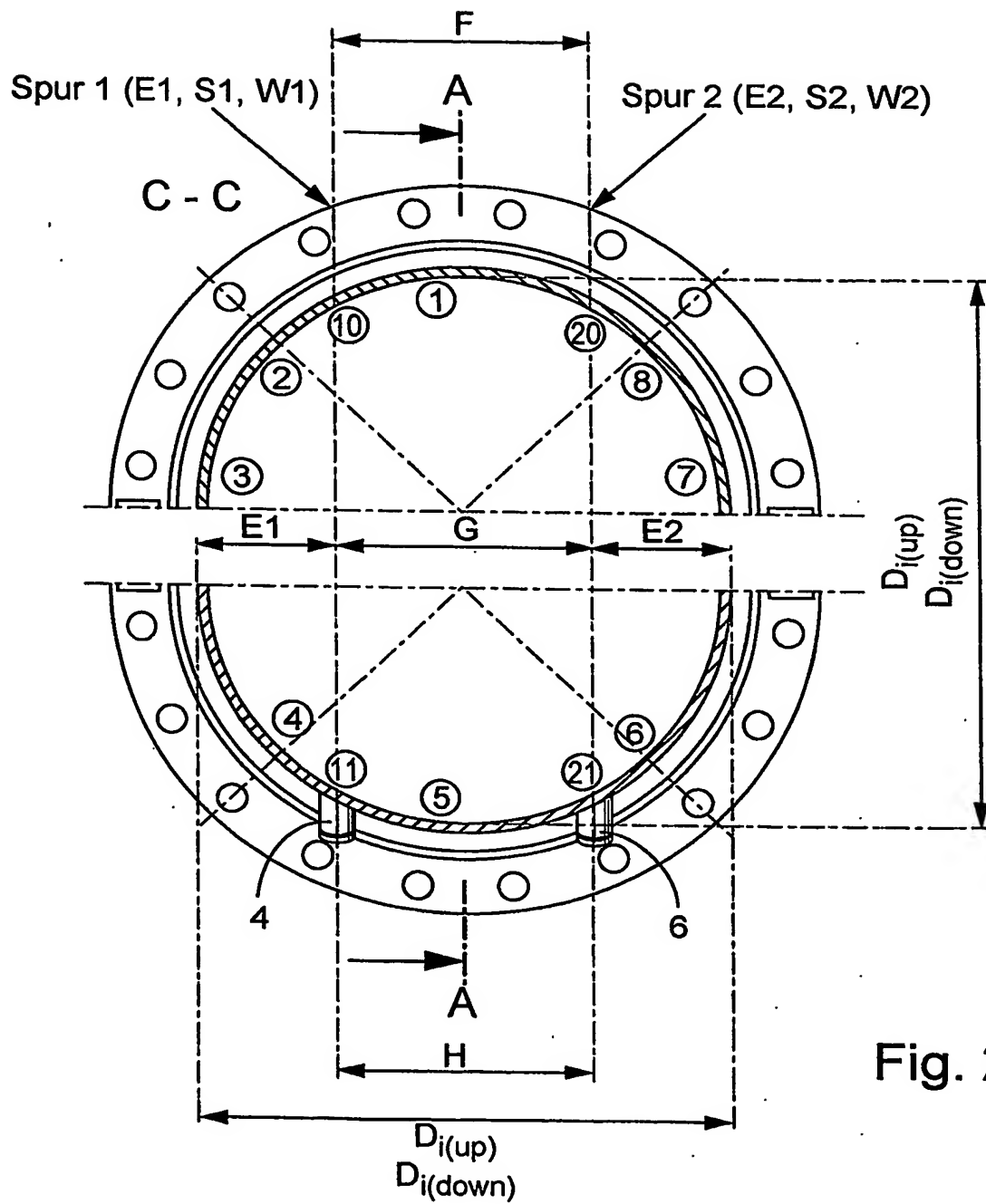
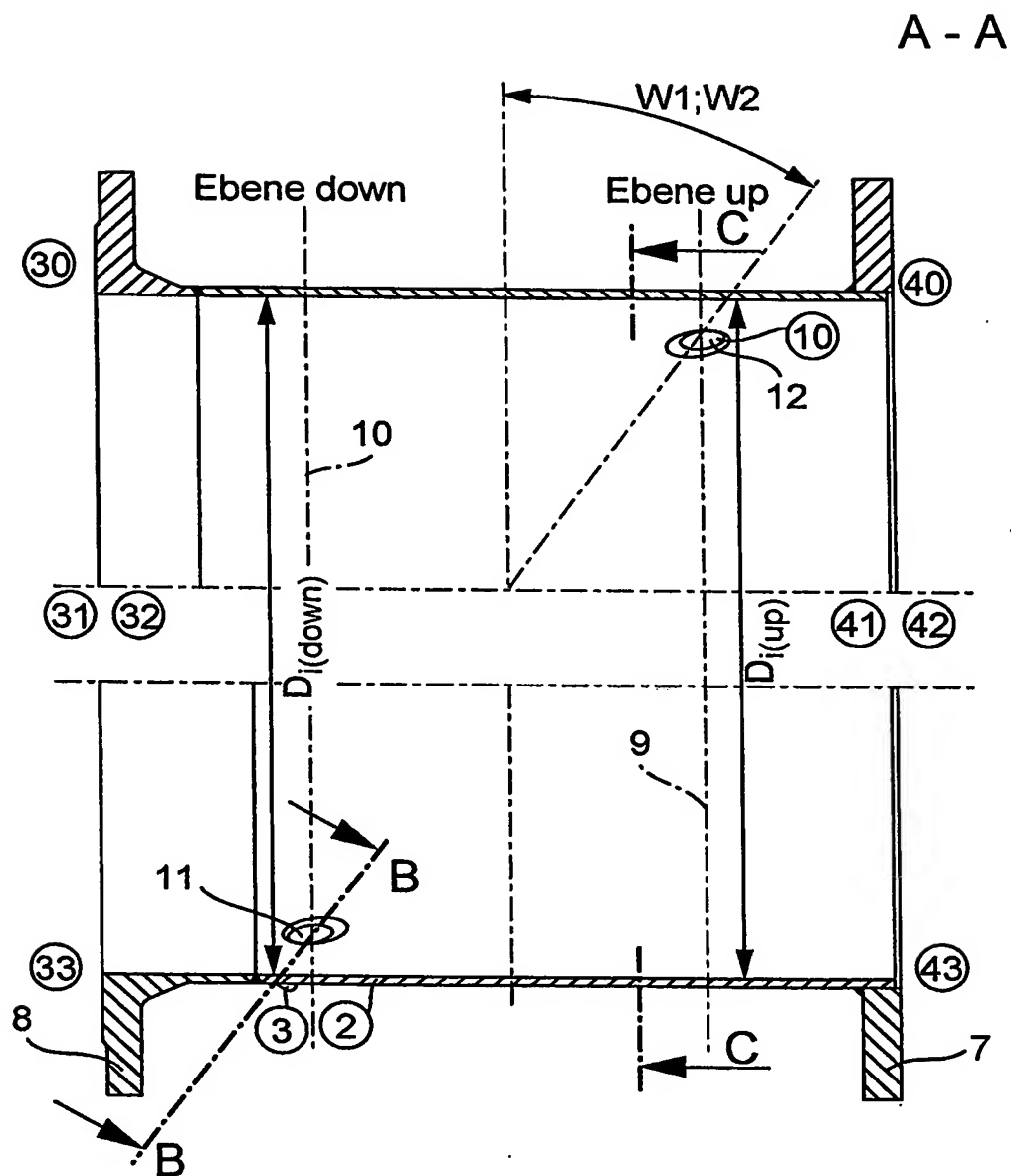
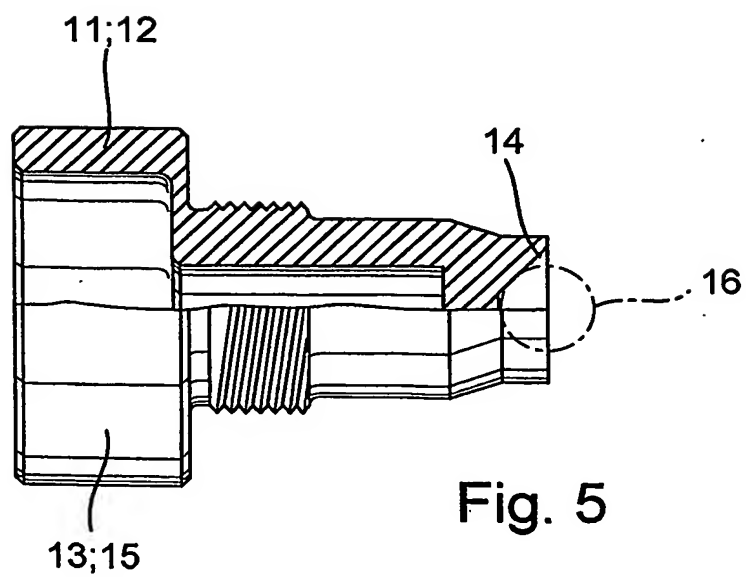
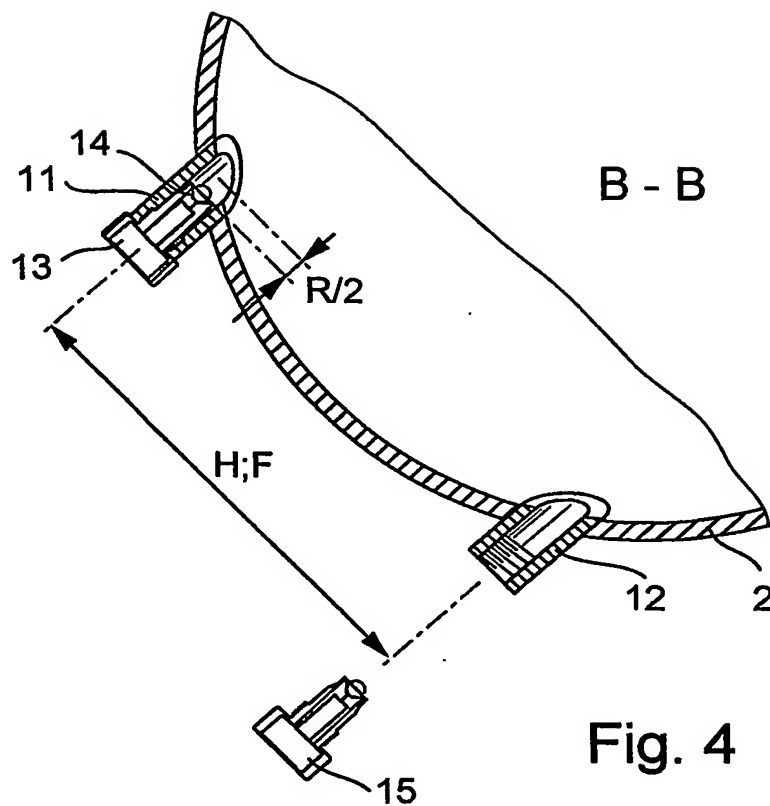


Fig. 2



**Fig. 3**

4/4



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/006703

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01F25/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01F G01P

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 196 05 652 A (SIEMENS AG)	1-7
A	21 August 1997 (1997-08-21) page 3, line 22 - page 4, line 3 figure 1	8-10

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the International filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

12 October 2004

Date of mailing of the International search report

19/10/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Reto, D

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/006703

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
DE 19605652	A	21-08-1997	DE	19605652 A1	21-08-1997

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/006703

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 G01F25/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 G01F G01P

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X A	DE 196 05 652 A (SIEMENS AG) 21. August 1997 (1997-08-21) Seite 3, Zeile 22 - Seite 4, Zeile 3 Abbildung 1 -----	1-7 8-10

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindertischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindertischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

12. Oktober 2004

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

19/10/2004

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Reto, D

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/006703

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19605652 A	21-08-1997	DE 19605652 A1	21-08-1997